В. Г. Напреенко

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТА БЮДЖЕТНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ НЕДООПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА*

Введение

Научно-технический прогресс ведет к постоянному расширению спектра возможных инновационных разработок. Одновременно растет стоимость осуществления инновационной проектов. Но возможности финансирования этих проектов ограничены, а само финансирование не всегда оказывается эффективным. Поэтому для России, где большинство инновационных работ финансируется с привлечением бюджетных средств, весьма актуально прогнозирование эффекта бюджетных вложений в инновационные разработки.

Подчеркнем, что надежной технологии прогнозирования эффекта бюджетных вложений в инновационные работы до настоящего времени не существует ни в России, ни за рубежом, о чем свидетельствуют многочисленные примеры трудностей и ошибок, возникающих при попытках прогнозировать результаты бюджетных вложений в инновационные проекты.

Особенно много проблем порождают факторы риска, недоопределенности, новизны, нестандартности, необычности, характерные для инновационных работ. Зачастую это факторы, плохо поддающиеся формализации, что требует особой технологии их учета.

Было бы ошибкой определять эффект финансовых вложений в инновационные работы точно так, как это делается при обычном инвестиционном проектировании. Дело в том, что традиционный подход делает упор на анализе инвестиционного проекта с точки зрения его исполнителей и коммерческих инвесторов [1; 2], а в случае инновационных проектов оценка с позиции исполнителей и коммерческих инвесторов является недостаточной. Например, встречаются ситуации, когда нужная для общества разработка невыгодна ее потенциальным исполнителям, а работы, мало полезные для общества, оказываются прибыльными для НИИ.

Сложность ситуации усугубляется тем, что показатели, успешно используемые в качестве исходных данных при анализе обычных инвестиционных проектов, не удается с достаточной точностью прогнозировать в случае проектов, касающихся инноваций. Например, оказывается трудным предвидеть рыночную стоимость и прибыль будущего производства новых видов продукции.

---

* Работа выполнена при поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта «Разработка методических принципов и прикладной технологии для прогнозирования эффекта бюджетных вложений в инновационные разработки с учетом факторов неопределенности и риска» (проект № 07-02-00152а).

Надо помнить и о том, что многие подходы к оценке научно-технической деятельности, используемые за рубежом, неэффективны в отечественных условиях. Например, оценка научных работ по индексу цитирования, весьма информативная в условиях США и ряда других стран, не может служить надежным ориентиром в условиях России.

В свете сказанного вполне очевидна потребность в создании применительно к отечественным условиям специальных методов прогнозирования эффекта бюджетных вложений в инновационные проекты. Этой потребности отвечает предлагаемая разработка.

Методические принципы разработки

Предлагается нетрадиционный подход к учету факторов недоопределенности и риска, присутствующих как в исходной информации, касающейся инновационного проекта, так и в методах оценки инновационного проекта. Этот подход – использование аппарата недоопределенных моделей (Н-моделей), специально созданного для расчетов в условиях недоопределенности и риска и хорошо зарекомендовавшего себя в экономических исследованиях [3–8].

Исходная идея технологии Н-моделей основывается на следующем соображении. Обычная математика различает величины известные, т.е. определенные, и неизвестные, т.е. неопределенные. Но в реальной жизни мы редко имеем дело с совершенно определенными либо совершенно неопределенными величинами. С одной стороны, о возможных значениях любого интересующего нас показателя мы что-то обычно знаем. Знаем, хотя бы очень грубо, область возможных значений показателя либо по крайней мере его знак (+ или –). В таком случае показатель нельзя назвать совершенно неопределенным. С другой стороны, очень многие показатели бывают известны лишь приближенно. Следовательно, было бы преувеличением назвать их совершенно определенными. Получается, что мы обычно имеем дело с такими показателями, которые можно назвать недоопределенными. О них мы что-то знаем, но это знание не является абсолютным и допускает уточнения. Прогнозный риск принципиально отражает недоопределенность. К примеру, темпы инфляции будущих лет – это недопределенный показатель. Мы можем указать какие-то пределы, за которые инфляция едва ли выйдет. Можем уточнять данные пределы, если получим необходимую для этих уточнений информацию. Но мы не способны абсолютно точно предвидеть темпы инфляции.

К сожалению, в экономических расчетах значение недоопределенности долгое время недооценивалось. Недоопределенность рассматривали как случайность и пытались учесть недоопределенность методами теории вероятности и математической статистики. Но случайность – это только один из случаев реальной недоопределенности. Более того, в основе методов теории вероятности и математической статистики лежат предположения, которые в реальной жизни не всегда выполняются. Это несоответствие теоретических предположений и реальной жизни создает ошибки, т.е. порождает еще один источник недоопределенности.

Технология Н-моделей предлагает пользователю вычислительный инструмент, в основе которого лежит представление о недоопределенных показателях как величинах, лежащих в некотором интервале значений. По мере поступления дополнительной информации об объекте моделирования этот интервал может сужаться, а в частном случае точно известного показателя интервал стягивается в точку. Интервальные оценки показателей обрабатываются по обычным правилам решения неравенств без внесения произвольных предположений о корреляции величин, их статистическом распределении и т.п. Процедура вычислений строится как разновидность программирования в ограничениях (constraint programming) интенсивно развивающегося в течение последних 15 лет направления прикладной математики.

Технология Н-моделей позволяет:

- оперировать со всей областью возможных решений, а не с отдельными вариантами решений, как это происходит при традиционном подходе к моделированию;
- легко расширять, сокращать и менять состав рассматриваемых показателей и расчетных условий (уравнений и неравенств);
- использовать как избыточные, так и неполные (недостаточные для однозначного определения значений показателей) совокупности расчетных условий;
- определять границы условий, обеспечивающие достижение тех или иных целей;
- легко обнаруживать противоречия в модели (если таковые возникнут).

Н-модели обеспечивают уровень качества прогнозов, недоступный традиционным математическим методам, которые плохо работают в условиях прогнозной неопределенности, неполноты, неточности и противоречивости используемых данных. Кроме того, аппарат Н-моделей дает возможность сократить время разработки и значительно повысить качество ее результатов, поскольку предоставляет исследователю много полезных возможностей.

Технология Н-моделей позволяет реализовать два основных пути прогнозирования эффекта финансовых вложений в инновационные разработки:

- экспертное оценивание;
- аналитические расчеты.

Однако анализ этих путей показывает, что каждый из них не является самодостаточным и наиболее перспективно совмещение аналитических и экспертных методов. Оно позволяет сочетать объективный характер расчетных показателей с такими достоинствами экспертных методов, как гибкость, учет плохо формализуемых факторов, возможность формирования «сверток» разнокачественных показателей.

В плане аналитического расчета предлагаемую разработку отличают следующие методические особенности:

- комплексное прогнозирование эффекта бюджетных вложений в инновационные работы по большому числу критериев, актуальных для современной России;
- учет отечественной специфики в области бюджетного финансирования инноваций (эта специфика проявляется в значимости отдель-

ных критериев оценки эффекта инноваций, в характере макроэкономического фона, используемого для аналитических оценок, в выборе состава исходных данных и др.);

- учет не только прямых результатов инновационных разработок, но и косвенных, связанных с ростом научно-технического потенциала, со стимулированием научно-технического прогресса, с увеличением прироста валового внутреннего продукта, с повышением эффективности работы организаций за счет технологического перевооружения и т.п.

В части экспертного оценивания узловым методическим моментом разработки следует считать совершенствование процедур оценивания. Целям такого совершенствования служат:

- упрощение работы экспертов за счет использования современных средств связи (Интернет) и максимальной автоматизации вычислительных процедур по обработке результатов экспертизы;
- гибкая многоуровневая система критериев экспертной оценки;
- перекрестная система численной обработки результатов экспертизы, позволяющая повысить достоверность экспертных оценок и свести к минимуму негативные последствия возможной тенденциозности отдельных экспертов;
- допущение интервальных оценок, непосредственно связанное с использованием технологии Н-моделей.

На основе названных методических принципов была построена прикладная технология, обеспечивающая комплексное прогнозирование эффекта бюджетных вложений в инновационные разработки (проекты) и позволяющая адекватным образом учитывать факторы недоопределенности и риска, характерные для сферы инноваций. В рамках этой технологии можно выделить два блока оценок − аналитический и экспертный.

Блок аналитических оценок

При аналитическом расчете показателей инновационного проекта в качестве исходных данных предусмотрено использовать главным образом величины, описывающие во времени приток средств в проект, отток средств из проекта и использование средств внутри проекта. Такими величинами являются, например, годовые поступления бюджетных и небюджетных средств в проект, инвестиции в основной капитал, материальные затраты, налоговые платежи, возврат из проекта средств организаций-участников и некоторые другие показатели. Учитываются также ожидаемые внутри России и за рубежом объемы реализации результатов проекта. Это реализация результатов НИОКР, а также реализация новой или использующей новую технологию производственной продукции. Помимо финансовых, предусмотрено использование некоторых натуральных показателей, например численности работников.

Расчетная аналитическая обработка финансовых показателей осуществляется либо в постоянных ценах, либо в прогнозных ценах с дисконтом и без дисконта.

Вычисляемые в результате расчетной аналитической обработки показатели подразделены на:

- показатели общего экономического эффекта;
- показатели влияния проекта на рост научно-технического потенциала России;
- показатели бюджетного эффекта;
- показатели эффекта для организаций-участников проекта;
- показатели финансового положения проекта.

Общий экономический эффект описан, в первую очередь, вкладом различных сторон проекта в ВВП России. Например:

- вклад, обусловленный мероприятиями НИОКР;
- вклад, обусловленный производством новой продукции;
- вклад, обусловленный использованием новой технологии;
- вклад экспорта;
- вклад от продажи на внутреннем рынке.

Все вклады проекта в размер ВВП вычисляются для конкретных периодов и для проекта в целом с учетом эффектов индуцированного роста ВВП. Для расчета эффектов индуцированного роста предусмотрены специальные операции по обработке статистических данных. Эти операции сводятся к довольно громоздкой системе уравнений. С помощью решения уравнений этой системы на основе данных статистики были определены коэффициенты, которые можно использовать в реальных расчетах.

Помимо вклада в величину ВВП, для оценки общего экономического эффекта проекта предусмотрен расчет некоторых других показателей, таких как доля различных мероприятий проекта в его общем эффекте, чувствительность различных показателей экономического эффекта к дисконтированию, вклад мероприятий проекта в объем высокотехнологичного производства России, вклад мероприятий проекта в объем экспорта России.

Показатели влияния проекта на рост научно-технического потенциала России определялись в разрезе технического и кадрового потенциала. Сюда вошли главным образом расчетные показатели, характеризующие рост технического оснащения науки за счет мероприятий инновационного проекта, снижение возраста технического оснащения НИОКР за счет тех же мероприятий, вклад численности исследователей и разработчиков проекта в общую численность исследователей и разработчиков России и т.п. Эти показатели вычисляются для отдельных периодов реализации проекта и для проекта в целом.

Показатели бюджетного эффекта проекта предусмотрено вычислять для консолидированного бюджета РФ и при необходимости – для других бюджетов. Эти показатели характеризуют в различных аспектах размер бюджетного финансирования проекта, вызванные мероприятиями проекта налоговые поступления в бюджет, возникающий бюджетный доход или убыток, структуру бюджетного дохода или убытка, чувствительность различных сторон бюджетного эффекта проекта к дисконтированию. При этом налоговые поступления, доход и убытки бюджета определяются с учетом роста ВВП, индуцированного рассматриваемым проектом. Такой учет, как оказалось, сильно меняет величину бюджетного эффекта. Например, учет факторов индуцированного роста увеличивает оценку налоговых выплат почти в два раза.

Показатели эффекта проекта для организаций-участников предусмотрено вычислять как для проекта в целом, так и для отдельных его участников. Эти показатели характеризуют в различных аспектах затраты и доходы участников. Например, может быть найден момент окупаемости проекта для организаций-участников, т.е. момент, при достижении которого чистый доход организаций – участников проекта перестает быть отрицательным. Также можно вычислить внутреннюю норму доходности проекта для организаций-участников, т.е. значение нормы дисконта, при котором чистый дисконтированный доход участника проекта является нулевым.

Расчет показателей финансового положения проекта позволяет анализировать финансовые потоки в проект и из проекта, найти чистый доход проекта и определить такие показатели, как индекс доходности затрат, индекс доходности инвестиций и т.п. Расчет предусмотрено вести и для проекта в целом, и раздельно для мероприятий НИОКР и мероприятий производства, и для отдельных расчетных периодов времени.

Блок экспертных оценок

Набор критериев оценки, с которыми работают эксперты, может существенным образом варьироваться в зависимости от конкретной задачи оценивания и специфики инновационного проекта. Используется многоуровневая схема экспертной оценки, при которой критерии более высоких уровней обобщают критерии более низких уровней.

На самом верхнем уровне имеется всего один критерий – оценка проекта в целом. Она учитывает две оценки более низкого уровня: сводную оценку эффекта проекта и сводную оценку риска. Если одна из этих двух оценок принимает неприемлемое значение, то проект в целом оценивается как неприемлемый. Если же сводные оценки эффекта и риска имеют приемлемые значения, то для получения итоговой оценки проекта они суммируются с весами.

Сводная оценка эффекта проекта, в свою очередь, обобщает ряд оценок третьего сверху уровня, например:

- экономический эффект;
- социальный эффект;
- научно-технический эффект;
- экологический эффект.

Сходным образом сводная оценка риска обобщает ряд оценок третьего сверху уровня, например:

- политический и юридический риски;
- организационный риск;
- экономический риск;
- технологический риск;
- методический риск.

За оценками третьего сверху уровня стоят оценки четвертого уровня. При этом могут быть использованы расчетные аналитические показатели. Например, экономический эффект дает возможность отразить экспертные оценки расчетных показателей, отражающих общий эко-

номический и бюджетный эффекты проекта, его влияние на рост научно-технического потенциала России, экономические результаты проекта для организаций-участников, финансовое положение проекта.

Экономический эффект позволяет также учесть экспертные оценки таких трудноформализуемых экономических факторов, как соответствие создаваемой продукции или технологии требованиям и перспективам рынка, изменение конкурентной ситуации в результате реализации проекта, влияние проекта на производство и сбыт других видов продукции.

Сходная картина получается и по другим направлениям экспертного оценивания. Например, социальный эффект может отражать трудоустройство населения, изменения в социальной структуре и структуре деятельности населения, изменения условий труда и быта, влияние проекта на миграционные процессы в результате создания новых производств, культурно-образовательные изменения, прочие социальные последствия позитивного либо негативного характера.

Научно-технический эффект определяется такими показателями, как соответствие тенденциям развития науки и техники, научно-техническая значимость, новизна, актуальность, научно-технический уровень, стимулирование научно-технического прогресса.

Экологический эффект способен отразить потребление либо сбережение невосполнимых ресурсов, ценность потребляемых либо сберегаемых ресурсов, возникновение либо предотвращение загрязнений, ликвидацию уже существующих загрязнений, тяжесть возникающих, предотвращаемых или ликвидируемых загрязнений и т.п. факторы.

Политический и юридический риски учитывают соответствие проекта перспективным интересам России, текущей политике руководства РФ, международному законодательству, законодательству РФ, а также возможные изменения в налоговом законодательстве, в политике приватизации или национализации, патентную чистоту, ожидаемую реакцию лоббистских групп и общественности.

Организационный риск отражает влияние проекта на осуществление других проектов, соответствие проекта целям и задачам организаций-исполнителей, стабильность партнерских отношений участников, надежность участников, последствия выхода возможных организаций-исполнителей из проекта.

Экономический риск учитывает обеспеченность финансами, материальными и трудовыми ресурсами, надежность сбыта продукции, перспективы рынка, влияние конкуренции.

Технологический риск способен описывать такие показатели, как зависимость от незавершенных разработок, от импорта оборудования и сырья, возможность адаптации к изменениям, надежность технологических процессов.

Методический риск позволяет учесть полноту и надежность сведений, предоставленных эксперту для оценки проекта, надежность прогнозов и предположений, использованных разработчиками проекта, а также некоторые другие методические факторы.

Особенности работы с Н-моделью инновационного проекта

Недоопределенное моделирование имеет следующие ключевые особенности.

Исследователь избавлен от необходимости делить рассматриваемые переменные на «входные» и «выходные». Надо лишь определить список рассматриваемых переменных.

Понятие «значение переменной» трактуется расширительно. Значениями переменных считаются некоторые множества. Лишь в частном случае значение числовой переменной понимается как число, а не множество чисел. Поэтому в качестве значений можно рассматривать недоопределенные (множественные) оценки показателей.

Нет необходимости задавать алгоритм решения задачи. Достаточно указать только соотношения между переменными, в соответствии с которыми должно строиться решение.

К системе рассматриваемых зависимостей не предъявляется требование однозначности решения. Система может быть и недоопределена, и переопределена.

Одна и та же модель может служить для решения большого числа задач, единых по списку рассматриваемых переменных и связей между ними, но различных по выбору «входов» и «выходов».

В рамках предлагаемого подхода исследователь определяет, какие из показателей заданы точно, какие неизвестны совсем, а какие известны приблизительно (исходная информация о таких показателях задается в виде описания множества их возможных значений). Затем неизвестные или неточно известные показатели автоматически уточняются в процессе решения.

Во избежание недоразумений сделаем ряд пояснений.

Формальная переопределенность системы математических зависимостей не приводит к отсутствию решения лишь тогда, когда существует фактическая недоопределенность.

Систему уравнений, связывающих фиксированное число показателей, можно без потери решения дополнять лишь постольку, поскольку уравнения приближенны и в пределах своей погрешности не конфликтуют одно с другим.

Отказ от алгоритмичности не означает отсутствия в расчетах какого-либо алгоритма. Речь идет лишь о том, что алгоритм перестает быть важной характеристикой и неотъемлемой частью модели и превращается в малосущественную для пользователя особенность вычислительного процесса.

Отказ от алгоритмичности в какой-то мере устраняет скрытые противоречия модели и алгоритма:

– модель описывает реальный объект – алгоритм определяет искусственный процесс вычислений;
– в модели все показатели взаимосвязаны и в этом смысле равноправны – алгоритм предполагает разделение показателей на аргументы и функции, т.е. предусматривает явное неравноправие показателей;

– модель может быть недоопределенной – алгоритм должен быть определен.

Принципиально важно различать неизвестное фактическое значение моделируемого показателя и его недоопределенную оценку, с которой работает модель. Недоопределенность показателей в модели не означает, что эти показатели не могут иметь точного значения, она лишь указывает на то, что мы не знаем, какому из конкретных значений в рамках текущей недоопределенной оценки оно равно.

Результат недоопределенного моделирования выражает согласную с учтенными при моделировании знаниями оценку всей системы взаимосвязанных показателей. Уточнение любого недоопределенного показателя или любой недоопределенной связи показателей уточняет в общем случае все модельные оценки.

Результат недоопределенного моделирования может отсутствовать (нет решения), если используемая информация противоречива.

Заключение

Без перехода на инновационный путь развития наша страна рискует превратиться в сырьевой придаток других государств. Однако для движения по инновационному пути требуется решить немалое число проблем, одна из которых – совершенствование методов и технологии прогнозирования эффекта бюджетных вложений в инновационные разработки с учетом факторов недоопределенности и риска.

Результаты проведенной работы таковы:

- уточнены, систематизированы и развиты методические принципы прогнозирования эффекта бюджетных вложений в инновационные разработки в условиях недоопределенности и риска;
- получены расчетные зависимости, позволяющие по большому числу критериев оценивать эффект бюджетных вложений в инновационные разработки, опираясь на поддающиеся контролю плановые показатели инновационной разработки, дополненные экспертными оценками;
- сформирована прикладная технология расчетов, использующая полученные зависимости и работающая в ситуациях недоопределенности и риска.

Разработка позволяет рассматривать как полный цикл инновационного проекта (все мероприятия проекта, развернутые в течение достаточно долгого времени), так и усеченный цикл (мероприятия, относящиеся только к конкретному периоду), что бывает необходимо для принятия управленческих решений. В частности, возможно раздельное рассмотрение мероприятий НИОКР и мероприятий производства.

Проверка разработки выполнена на примере реальных инновационных проектов, намечаемых к реализации в рамках Федеральной целевой научно-технической программы России на период 2007–2012 гг.

Литература

1. Guidelines for Calculating Financial and Economic Rates of Return for DFC Projects. The World Bank, Washington, USA, 1990.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Официальное издание. М.: Экономика, 2000.
3. Нариньяни А.С. Модель или алгоритм: новая парадигма информационной технологии // Информационные технологии. 1997. № 4.
4. Напреенко В.Г, Нариньяни А.С., Юртаев А.В. Недоопределенные модели − нетрадиционный подход к математическим исследованиям экономики // Информационные технологии. 1999. № 4.
5. Napreenko V.G., Narin'yani A.S. Project Economika Proceedings of the 2000 ERCIM Compulog Net Workshops on Constraints. Padova, Italy, 2000. June 19–21.
6. Напреенко В.Г., Нариньяни А.С. Опыт недоопределенного моделирования экономики // Труды 9-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием – КИИ'2004. Т. 1. М.: Физматлит, 2004.
7. Напреенко В.Г., Нариньяни А.С., Смирнов Е.П. Моделирование региональной экономики: новый уровень качества и безопасности // Финансы. Экономика. Безопасность. 2005. № 4.
8. Напреенко В.Г. Синтез многопараметрических моделей экономики по неполным и противоречивым данным // Труды VIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара: Самарский научный центр РАН, 2006.